

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-150519

(P2000-150519A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/3205		H 0 1 L 21/88	K
21/28		21/28	L
21/768		21/90	B

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願平11-239528	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号
(22) 出願日	平成11年8月26日 (1999.8.26)	(72) 発明者	工藤 寛 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士通株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-245741	(74) 代理人	100091672 弁理士 岡本 啓三
(32) 優先日	平成10年8月31日 (1998.8.31)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

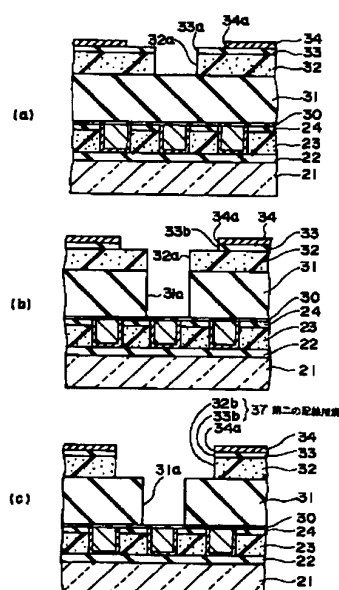
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】デュアルダマシン法により配線層を形成する工程に関し、炭化水素系樹脂を低誘電率膜として用いる場合にも精度良く配線やホールを形成すること。

【解決手段】第一の絶縁膜31、有機絶縁膜32、第二の絶縁膜33及び金属膜34を順に形成した後に、金属膜34に配線形状の開口34aを形成し、更に第二の絶縁膜33にビア形状の開口33aを形成した後に、第二の絶縁膜33をマスクに使用して有機膜32をエッチングし、更に金属膜34と有機膜32をマスクにして第一及び第二の絶縁膜31、33を同時にエッチングし、次に、金属膜34をマスクにして有機絶縁膜32をエッチングして、この段階で有機絶縁膜32と第二の絶縁膜33に配線用溝37を形成して第一の絶縁膜31にビアホール38を形成する工程を含む。

第1実施形態 (その4)



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に、第一の絶縁膜、第一の有機絶縁膜、第二の絶縁膜、金属膜を順に形成する工程と、

前記金属膜を部分的にエッチングして配線パターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、

前記第二の絶縁膜のうち前記第一の開口の一部に重なる部分をエッチングしてビアパターン形状をもつ第二の開口を形成する工程と、

前記第二の絶縁膜をマスクに使用して、前記第二の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして前記ビアパターン形状をもつ第三の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成する工程と、

前記金属膜の前記第一の開口を通して前記第二の絶縁膜をエッチングすることにより、前記配線パターン形状を有する第四の開口を前記第二の絶縁膜に形成すると同時に、前記第一の有機絶縁膜の前記第三の開口を通して前記第一の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状を持つ第五の開口を前記第二の絶縁膜に形成して、該第五の開口をビアホールとして適用する工程と、

前記第二の絶縁膜の前記第四の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして前記配線パターン形状をもつ第六の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成し、該第六の開口と前記第四の開口を配線溝として適用する工程と、

前記ビアホールと前記配線溝に同時に導電体を埋め込むことにより、前記ビアホール内にビアを形成するとともに前記配線溝内に配線を形成する工程と、前記金属膜を除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】前記第一の絶縁膜の下に第三の絶縁膜を形成する工程と、

前記第六の開口を通して前記第三の絶縁膜をエッチングすることにより第七の開口を形成して前記ビアホールの一部とする工程とをさらに有することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】前記第一の絶縁膜と前記第三の絶縁膜の間に第二の有機絶縁膜を形成する工程をさらに有し、

前記第二の有機絶縁膜には、前記第一の有機絶縁膜に前記第六の開口を形成すると同時に、前記第一の絶縁膜の前記第五の開口を通してエッチングされて第八の開口が形成されて、前記第八の開口は前記第五の開口と前記第七の開口とともに前記ビアホールとして適用する工程を有することを特徴とする請求項2記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】半導体基板上に、第一の絶縁膜、第一の有機絶縁膜及び第二の絶縁膜を順に形成する工程と、

前記第二の絶縁膜を部分的にエッチングしてビアパターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、

10

20

30

40

50

前記第二の絶縁膜の前記第一の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして、前記ビアパターン形状をもつ第二の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成する工程と、

前記第二の絶縁膜のうち前記第一の開口を含む領域をエッチングして配線パターン形状をもつ第三の開口を形成するとともに、前記第一の有機絶縁膜の前記第二の開口を通してその下の前記第一の絶縁膜をエッチングして、第四の開口を前記第一の絶縁膜に形成し、該第四の開口をビアホールとして適用する工程と、

前記第二の絶縁膜の前記第三の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして第五の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成し、該第五の開口と前記第三の開口を配線溝として適用する工程と、

前記ビアホールと前記配線溝に同時に導電体を埋め込むことにより、前記ビアホール内にはビアを形成するとともに前記配線溝内には配線を形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項5】前記第一の絶縁膜の下に第三の絶縁膜を形成する工程と、

前記第四の開口を通して前記第三の絶縁膜をエッチングすることにより第六の開口を形成して前記ビアホールの一部とする工程とをさらに有することを特徴とする請求項4に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】前記第一の絶縁膜と前記第三の絶縁膜の間に第二の有機絶縁膜を形成する工程をさらに有し、

前記第二の有機絶縁膜には、前記第一の有機絶縁膜に前記第五の開口を形成すると同時に、前記第一の絶縁膜の前記第四の開口を通してエッチングされて第七の開口が形成されて、前記第七の開口は前記第四の開口と前記第六の開口とともに前記ビアホールとして適用する工程を有することを特徴とする請求項4記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】半導体基板上に第一の絶縁膜と第二の絶縁膜を順に形成する工程と、

ビアパターン形状をもつ第一の窓を有する第一のフォトレジストを前記第二の絶縁膜上に形成する工程と、

前記第一のフォトレジストをマスクに使用して前記第二の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、

前記第一の開口を通して前記第一の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状をもつ第二の開口を形成する工程と、

配線パターンをもつ第二のフォトレジストを前記第二の絶縁膜の上に形成する工程と、

前記第二のフォトレジストをマスクに使用して前記第二の絶縁膜をエッチングして前記配線パターンをもつ第三の開口を形成する工程と、

前記第三の開口を通して前記第一の絶縁膜の上部をエッチングすることにより、前記配線パターンをもつ第四の

開口を形成する工程と、
前記第二の開口と前記第三の開口と前記第四の開口内に導電膜を埋め込んで、前記第三及び第四の開口の中に配線を形成するとともに、前記第二の開口内にビアを形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項8】前記第二の開口を形成した後に、前記第一のフォトレジストは、ヒドロキシシラン系の剥離液を用いて除去されることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】前記第四の開口を形成した後に、前記第二のフォトレジストは、ヒドロキシシラン系の剥離液を用いて除去されることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】前記第一の絶縁膜は炭化水素系絶縁材料から構成され、
前記第二の絶縁膜はシリコン含有絶縁材料から構成されていることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】前記第一の絶縁膜をエッチングして前記第二の開口を形成すると同時に、前記第一のフォトレジストはエッチングされることを特徴とする請求項10に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】前記第一の絶縁膜をエッチングして前記第四の開口を形成すると同時に、前記第二のフォトレジストはエッチングされることを特徴とする請求項10に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造方法に関し、より詳しくは、デュアルダマシン法により多層配線構造の配線層及びビアを形成する工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の微細化に伴って配線の幅が狭くなり、しかも配線同士の間隔が狭くなってきている。このため、配線抵抗が増加するとともに配線による寄生容量が増加し、これが信号速度を遅延させることになり、スケール則に沿った半導体装置の高速化を妨げることになる。

【0003】このような状況から、配線間の寄生容量と配線抵抗を減少させるために、多層配線の形成方法と絶縁材料および金属配線材料の見直しが必要となっている。配線容量を小さくするには誘電率の小さい絶縁材料が有効であり、また、金属配線の材料の選択についても、配線抵抗を小さくするために、アルミニウム(Al)から抵抗率の低い銅(Cu)へと移行している。

【0004】銅膜の加工は、従来のドライエッチングを適用することが困難であることからダマシン法が用いられる。ダマシン法を大別するとシングルダマシン法とデ

ュアルダマシン法がある。シングルダマシン法は、下側配線と上側配線の間を結ぶプラグ(ビア(via))の形成と配線の形成とを別々な工程とする方法であり、デュアルダマシン法は、配線とプラグを同時に形成する方法である。

【0005】半導体装置の配線層は微細化にともなって多層化が進んでおり、例えば、配線幅0.18 μ m世代の半導体装置では配線数が6層におよぶ。この場合、シングルダマシン法では、例えば類似した工程を12回(配線形成6回とプラグ形成6回)繰り返して形成されるのに対して、そのような構造を得るためにデュアルダマシン法では、類似した工程を6回繰り返すだけで済む。

【0006】デュアルダマシン法がシングルダマシン法の半分の工程数ですむのは、上述したように配線とプラグを同時に形成できるためである。したがって、生産コストを抑え、生産効率を高めるためには、デュアルダマシン法が有利である。さらに、デュアルダマシン法は、下層の配線とこれに接続されるプラグとのコンタクト抵抗が低いために、それらの接触不良を回避することが容易であり、配線の信頼性がより高まる。

【0007】デュアルダマシン法については、低誘電率絶縁膜を有する層間絶縁膜に適用する記載が例えば特開平9-55429号公報、特開平10-112503号公報に存在する。まず、特開平9-55429号公報に示されたデュアルダマシン法による銅プラグ及び銅配線の形成工程は図1(a)～図1(d)に示すようになっている。まず、図1(a)に示すように、シリコン基板1の上に第1の酸化シリコン膜2、有機低誘電率膜3、第2の酸化シリコン膜4を順に形成する。この場合、有機低誘電率膜の材料としてポリテトラフルオロエチレンのようなフッ素含有樹脂を使用している。ついで、第2の酸化シリコン膜4をパターニングして配線形状を有する開口4aを形成する。次に、図1(b)に示すように、第2の酸化シリコン膜4と開口4aの上にレジストを形成し、これを露光、現像して開口4aの一部の上にプラグ用窓5aを形成し、これをレジストパターン5として使用する。そして、図1(c)に示すように、レジストパターン5のプラグ用窓5aを通して有機低誘電率膜3、第1の酸化シリコン膜2を順にエッチングしてビアホール6を形成する。さらに、図1(d)に示すように、第2の酸化シリコン膜4の開口4aを通して有機低誘電率膜3を酸素プラズマによって選択的にエッチングして配線溝7を形成する。その後、特に図示しないが、ビアホール6と配線溝7の中に銅を埋め込み、プラグと配線を同時に形成する。

【0008】次に、特開平10-112503号公報に示されたデュアルダマシン法による銅プラグ及び銅配線の形成工程は図2(a)～図2(c)に示すようになっている。まず、図2(a)に示すように、半導体基板11上のシリコ

ン酸化膜12に配線溝を形成し、その中に下側配線13を埋め込む。ついで、シリコン酸化膜12及び下側配線13上に低誘電率樹脂膜14と低感度の第1のフォトレジスト膜15を順に形成し、続いて第1のレジスト膜15を露光してホール用潜像15aを形成する。さらに、第1のフォトレジスト膜15の上に高感度の第2のフォトレジスト膜16を塗布し、これを露光して配線用潜像16aを形成する。その配線用潜像16aの一部はホール用潜像15aに重なるように形成される。そして、図2(b)に示すように、第1のフォトレジスト膜15と第2のフォトレジスト膜16を連続して現像することにより、配線用潜像16aを除去して配線用窓16bを形成するとともに、ホール用潜像15aを除去してホール用窓15bを形成する。その後、図2(c)に示すように、第1及び第2のレジスト15、16と低誘電率樹脂膜14を上から順次エッチングして第1及び第2のレジスト15、16の形状を低誘電率樹脂膜14に転写すると、低誘電率樹脂膜14には縦接続孔17と配線溝18が形成されることになる。その縦接続孔17内と配線溝18内には同時に銅(不図示)が同時に埋め込まれ、その銅は縦接続孔17内ではプラグとして使用され、配線溝18内では配線として使用される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図1(a)に示した工程において、有機低誘電率膜3の材料に炭化水素系樹脂を用いる場合には、第2の酸化シリコン膜4のパターニングに使用したフォトレジスト8を酸素プラズマにより除去する際に、その下の有機低誘電率膜3が酸素プラズマにより配線形状にエッチングされてしまうので、その下の第1の酸化シリコン膜4に形成するビアホールのパターン精度が低下してしまう。これは、炭化水素を含む低誘電率有機材料は、化学的な性質がフォトレジスト8と似ているため、フォトレジスト8のみを選択的に除去することができないからである。

【0010】なお、有機低誘電率膜として炭化水素系樹脂を使用するのは、酸化シリコン膜に対する密着性がフッ素系樹脂よりも良好だからである。また、図2(a)～(c)に示した工程においては、低誘電率樹脂膜14、第1及び第2のレジスト15、16の3種類の異なる樹脂材料を同じ速度でエッチングしなければならない。しかし、それらの樹脂材料のエッチング速度は、配線溝18の幅や縦接続孔17の径に依存して相違するために、同層内に形状や幅の異なる配線溝、又は径の異なる縦接続孔を形成しようとする場合には、各々の層に対して設計通りの寸法になるように制御しながらエッチングすることは難しい。

【0011】本発明の目的は、炭化水素系樹脂を低誘電率膜として用いる場合であっても精度良く配線溝とホールを形成することができる層間絶縁膜のパターニング工程を有する半導体装置の製造方法を提供することにあ

る。

【0012】

【課題を解決するための手段】(1)上記した課題は、図3～図8に例示するように、半導体基板上に、第一の絶縁膜、第一の有機絶縁膜、第二の絶縁膜、金属膜を順に形成する工程と、前記金属膜を部分的にエッチングして配線パターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、前記第二の絶縁膜のうち前記第一の開口の一部に重なる部分をエッチングしてビアパターン形状をもつ第二の開口を形成する工程と、前記第二の絶縁膜をマスクに使用して、前記第二の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして前記ビアパターン形状をもつ第三の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成する工程と、前記金属膜の前記第一の開口を通して前記第二の絶縁膜をエッチングすることにより、前記配線パターン形状を有する第四の開口を前記第二の絶縁膜に形成すると同時に、前記第一の有機絶縁膜の前記第三の開口を通して前記第一の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状を持つ第五の開口を前記第二の絶縁膜に形成して、該第五の開口をビアホールとして適用する工程と、前記第二の絶縁膜の前記第四の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして前記配線パターン形状をもつ第六の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成し、該第六の開口と前記第四の開口を配線溝として適用する工程と、前記ビアホールと前記配線溝に同時に導電体を埋め込むことにより、前記ビアホール内にビアを形成するとともに前記配線溝内に配線を形成する工程と、前記金属膜を除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決される。

【0013】上記した半導体装置の製造方法において、前記第一の絶縁膜の下に第三の絶縁膜を形成する工程と、前記第六の開口を通して前記第三の絶縁膜をエッチングすることにより第七の開口を形成して前記ビアホールの一部とする工程とをさらに含ませてもよい。この場合、前記第一の絶縁膜と前記第三の絶縁膜の間に第二の有機絶縁膜を形成する工程をさらに有し、前記第二の有機絶縁膜には、前記第一の有機絶縁膜に前記第六の開口を形成すると同時に、前記第一の絶縁膜の前記第五の開口を通してエッチングされて第八の開口が形成されて、前記第八の開口は前記第五の開口と前記第七の開口とともに前記ビアホールとして適用する工程を含ませてもよい。

【0014】次に、本発明の作用について説明する。本発明によれば、基板の上方に第一の絶縁膜、有機絶縁膜、第二の絶縁膜及び金属膜を順に形成した後に、フォトリソグラフィ法により金属膜に配線パターン形状の開口を形成し、さらにフォトリソグラフィ法により第二の絶縁膜にビアパターン形状の開口を形成し、その後、第二の絶縁膜をマスクに使用して有機膜をエッチングし、さらに金属膜と有機膜をマスクにして第二の絶

緑膜と第一の絶縁膜を同時にエッチングし、ついで、第二の絶縁膜をマスクにして有機絶縁膜をエッチングして、この段階で有機絶縁膜と第二の絶縁膜に配線溝を形成して第一の絶縁膜にビアホールを形成するようにしている。

【0015】したがって、金属膜に開口を形成する際に使用したレジストを除去する際には有機絶縁膜を第二の絶縁膜によって保護することができるので、レジスト除去用のエッチャントによって有機絶縁膜がエッチングされることがない。また、第二の絶縁膜をマスクに使用してその下の有機絶縁膜をエッチングする際には、第二の絶縁膜上に存在するレジストが有機絶縁膜のエッチングと同時に除去されることになる。これにより、そのレジストを単独で除去する必要はなくなるし、レジストを除去する際にその下方に露出している有機絶縁膜に悪影響を与えることはない。これにより、有機絶縁膜を構成する材料として、フッ素含有樹脂のみならず炭素水素系樹脂を適用して高精度で配線溝やビアを形成することができる。

【0016】しかも、第一、第二の絶縁膜、有機絶縁膜を順次最適な条件でエッチングしているので、ビアホール又は配線溝を高精度でそれらの膜に形成することができる。

(2) 上記した課題は、図9～図11に例示するように、半導体基板上に、第一の絶縁膜、第一の有機絶縁膜及び第二の絶縁膜を順に形成する工程と、前記第二の絶縁膜を部分的にエッチングしてビアパターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、前記第二の絶縁膜の前記第一の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして、前記ビアパターン形状をもつ第二の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成する工程と、前記第二の絶縁膜のうち前記第一の開口を含む領域をエッチングして配線パターン形状をもつ第三の開口を形成するとともに、前記第一の有機絶縁膜の前記第二の開口を通してその下の前記第一の絶縁膜をエッチングして、第四の開口を前記第一の絶縁膜に形成し、該第四の開口をビアホールとして適用する工程と、前記第二の絶縁膜の前記第三の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして第五の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成し、該第五の開口と前記第三の開口を配線溝として適用する工程と、前記ビアホールと前記配線溝に同時に導電体を埋め込むことにより、前記ビアホール内にはビアを形成するとともに前記配線溝内には配線を形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決される。

【0017】上記した半導体装置の製造方法において、前記第一の絶縁膜の下に第三の絶縁膜を形成する工程と、前記第四の開口を通して前記第三の絶縁膜をエッチングすることにより第六の開口を形成して前記ビアホールの一部とする工程とをさらに含ませてもよい。この

場合、前記第一の絶縁膜と前記第三の絶縁膜の間に第二の有機絶縁膜を形成する工程をさらに有し、前記第二の有機絶縁膜には、前記第一の有機絶縁膜に前記第五の開口を形成すると同時に、前記第一の絶縁膜の前記第四の開口を通してエッチングされて第七の開口が形成されて、前記第七の開口は前記第四の開口と前記第六の開口とともに前記ビアホールとして適用する工程を含ませてもよい。

【0018】次に、本発明の作用について説明する。本発明によれば、第一の絶縁膜、有機絶縁膜及び第二の絶縁膜を順に形成した後に、フォトリソグラフィにより第二の絶縁膜にビアパターン形状の開口を形成し、続いて、第二の絶縁膜の開口を通して有機絶縁膜にビアパターン形状の開口を形成し、その後に、フォトリソグラフィにより第二の絶縁膜に配線パターン形状の開口を形成すると同時に有機絶縁膜をマスクにして第一の絶縁膜をエッチングしてビアパターン形状の開口を形成し、さらに、第二の絶縁膜をマスクにして有機絶縁膜をエッチングして配線パターン形状の開口を形成するようにしている。

【0019】このように、第二の絶縁膜にビアパターン形状の開口を形成することによって、その開口を形成する際に使用したレジストを除去する工程と第二の絶縁膜をマスクにして有機絶縁膜にビアパターン形状の開口を形成する工程を同時に行なうことができる。従って、そのレジストを除去する際にその下方の有機絶縁膜を不必要な形状にパターニングすることを回避できる。また、第二の絶縁膜上のレジストを除去する際に有機絶縁膜を不要な大きさにエッチングすることがなくなり、有機絶縁膜の開口の精度を低下させることはない。

【0020】しかも、第二の絶縁膜に配線パターン形状の開口が形成され、且つその下の有機絶縁膜にビアパターン形状の開口を形成した後に、それらの開口の形状をそれらの下方の膜に順次転写し、これにより、第一及び第二の絶縁膜と有機絶縁膜に配線溝とビアホールを形成するようにしたので、第一及び第二の絶縁膜、有機絶縁膜を個々に最適な条件でエッチングすることができ、配線溝とビアホールを高精度で形成することができる。

【0021】以上のように、有機絶縁膜の材料を選ぶことなく、銅配線と低誘電率有機絶縁膜を用いた多層配線層形成にデュアルダマシン法を適用することが可能になるため、半導体装置の性能、信頼性、生産効率を向上させることができる。なお、第一の絶縁膜と第二の絶縁膜の間に、下側の有機絶縁膜を介在させてもよく、下側の有機絶縁膜のエッチングは、その上方にある有機絶縁膜のエッチングと同時に行なうことができる。

(3) 上記した課題は、図17～図21に例示するように、半導体基板上に第一の絶縁膜と第二の絶縁膜を順に形成する工程と、ビアパターン形状をもつ第一の窓を

有する第一のフォトレジストを前記第二の絶縁膜上に形成する工程と、前記第一のフォトレジストをマスクに使用して前記第二の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、前記第一の開口を通して前記第一の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状をもつ第二の開口を形成する工程と、配線パターンをもつ第二のフォトレジストを前記第二の絶縁膜の上に形成する工程と、前記第二のフォトレジストをマスクに使用して前記第二の絶縁膜をエッチングして前記配線パターンをもつ第三の開口を形成する工程と、前記第三の開口を通して前記第一の絶縁膜の上部をエッチングすることにより、前記配線パターンをもつ第四の開口を形成する工程と、前記第二の開口と前記第三の開口と前記第四の開口内に導電膜を埋め込んで、前記第三及び第四の開口の中に配線を形成するとともに、前記第二の開口内にビアを形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決される。

【0022】上記した半導体装置の製造方法において、前記第二の開口を形成した後に、前記第一のフォトレジストは、ヒドロキシルアミン系の剥離液を用いて除去されるようにしてもよい。上記した半導体装置の製造方法において、前記第四の開口を形成した後に、前記第二のフォトレジストは、ヒドロキシルアミン系の剥離液を用いて除去されるようにしてもよい。

【0023】上記した半導体装置の製造方法において、前記第一の絶縁膜は炭化水素系絶縁材から構成され、前記第二の絶縁膜はシリコン含有絶縁材料から構成されていることが好ましい。この場合、前記第一の絶縁膜をエッチングして前記第二の開口を形成すると同時に、前記第一のフォトレジストはエッチングされるようにしてもよく、また、前記第一の絶縁膜をエッチングして前記第四の開口を形成すると同時に、前記第二のフォトレジストはエッチングされるようにしてもよい。

【0024】次に、本発明の作用について説明する。本発明によれば、基板の上方に第一の絶縁膜、第二の絶縁膜を順に形成し、その後、第一のフォトレジストを使用して第一及び第二の絶縁膜にビアホールパターン形状の開口を形成し、ついで第二のフォトレジストを使用して第二の絶縁膜と第一の絶縁膜の上部とをエッチングして配線パターン形状の開口を形成するようにしている。

【0025】そのように、第一の絶縁膜として有機絶縁材料を採用する場合に、第二の絶縁膜にビアパターン形状の開口を形成することによって、その開口を形成する際に使用した第一のレジストを除去する工程と、第一の絶縁膜をエッチングしてビアパターンを形成する工程を同じに行うことができる。従って、第一のレジストを除去する際にその下方の有機材よりなる第一の絶縁膜を不要な大きさにエッチングすることがなくなり、有機絶縁

膜の開口精度を低下させることはない。

【0026】従って、第一の絶縁膜を構成する有機絶縁材を選ぶことなく、銅配線と低誘電率有機絶縁膜を用いた多層配線構造の形成にデュアルダマシン法を適用する際に半導体装置の性能、信頼性、生産効率を向上させることができる。さらに、本発明では、有機材よりなる第一の絶縁膜にビアと配線を形成しているので、酸化シリコンや窒化シリコンを用いる多層配線構造に比べて効果的に配線容量を低下させることが可能になるし、また、絶縁膜にビアホールや配線溝を形成するためのエッチングガスの交換回数が少なくなって安価な多層配線形成が可能になる。

【0027】

【発明の実施の形態】そこで、以下に本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

(第1の実施の形態)図3～図8は、半導体装置の配線をデュアルダマシン法を用いて形成する工程を示している。

【0028】まず、図3(a)～(d)に基づいて下側配線層の形成工程を説明する。図3(a)は、シリコン基板21の上に第一のシリコン酸化膜(SiO₂膜)22、第一の有機絶縁膜23、第二のシリコン酸化膜24、フォトレジスト膜25を形成した状態を示している。第一のシリコン酸化膜22と第二のシリコン酸化膜24はそれぞれプラズマCVD法により200nmの厚さ、100nmの厚さに形成されている。

【0029】また、第一の有機絶縁膜23は、例えば低誘電率絶縁材料であるアライドシグナル社製の商品名FLARE 2.0をスピンコートにより400nmの厚さに形成したものである。商品名FLARE 2.0は芳香族系のポリマーであり、その誘電率は2.8であってSiO₂膜の誘電率4.1よりも低く、しかも耐熱性は400℃以上である。ここでは、第一の有機絶縁膜23としてFLARE 2.0を用いたが、ダウケミカル社製の炭化水素系ポリマーである商品名SiLKなどを用いることも可能である。また、第一の有機絶縁膜23としてその他の炭化水素含有樹脂、フッ素含有樹脂などを用いてもよい。

【0030】フォトレジスト膜25は感光性ポリマーであって、そこには露光、現像によって配線パターンの窓25aが形成されている。次に、図3(b)に示すように、フォトレジスト膜25の窓25aを通して第二のSiO₂膜24をエッチングして配線パターン形状の開口24aを形成する。第二のSiO₂膜24のエッチングは、CF₄ガス、CHF₃ガス及びArガスを用いるプラズマエッチング法によって行なう。そのようなエッチングガスはフルオロカーボン系なので、第二のSiO₂膜24が選択的にエッチングされて配線用開口24aが形成される一方で、その下の第一の有機絶縁膜23は殆どエッチングされない。

【0031】次に、図3(c)に示すように、第一の有機絶縁膜23のうち第二のSiO₂膜24の配線用開口24aから露出している部分をプラズマエッチング法により除去して配線パターン形状の開口23aを形成する。第一の有機絶縁膜23のエッチングは、O₂ガスとArガスを導入した雰囲気において行なわれる。この場合のエッチャントは酸素であるために、第一の有機絶縁膜23とフォトレジスト膜25はSiO₂膜22、24に対して選択的にエッチングされ、SiO₂膜24はエッチングされない。しかし、フォトレジスト膜25は酸素によってエッチング

【0032】以上のようなパターンニング処理によって形成された第二のSiO₂膜24の開口24aと第一の有機絶縁膜23の開口23aとによって第一の配線溝26が構成される。これ以降の工程における有機絶縁膜とSiO₂膜のそれぞれのエッチングは、上記と同様のエッチングガスを用いている。

【0033】第一の有機絶縁膜23の開口23aとその上の第二のSiO₂膜24の開口24aは上下に重なって

【0034】そのCu膜28の上面には凹凸が生じるので、その上面を平坦化するために、Cu膜28を0.1 Torr圧力の水素ガス雰囲気中で、400℃、5分間の条件で

【0035】次に、図4(b)に示すように、第一の配線29と第二のSiO₂膜24の上に以下に述べるような複数の絶縁膜、金属膜などを形成する。即ち、第一の配線29と第二のSiO₂膜24の上に、膜厚50nmの窒化シリコン膜30、膜厚600nmの第三のSiO₂膜31をそれぞれプラズマCVD法により形成する。また、第三のSiO₂膜31の上に第二の有機絶縁膜32をスピンコートにより400nmの厚さに形成する。この場合、第二の有機絶縁膜32として、第一の有機絶縁膜23に用いられる上記した材料のいずれかを選択する。続いて、第二の有機絶縁膜32上にプラズマCVD法により第四のSiO₂膜33を100nmの厚さに形成する。さらに、第四のSiO₂膜3

3の上にスパッタリングによりTiNよりなる中間金属膜34を100nmの厚さに成膜する。その中間金属膜34としては、TiNの他の高融点金属又は高融点金属化合物、例えば、タンタル(Ta)や窒化タンタル(TaN)を用いることも可能である。

【0036】以上のような膜の形成を終えた後に、中間金属膜34の上にフォトレジスト35を塗布し、これを露光し、現像して第二の配線の形状に相当する窓35aを形成する。そして、フォトレジスト35をマスクとして用いるフォトリソグラフィ法により中間金属膜34に第二の配線に相当する形状の配線用開口34aを形成する。その配線パターン形状は特に限定されるものではない。

【0037】次に、図4(c)に示すように、フォトレジスト35を酸素プラズマによってアッシングするが、その際に、中間金属膜34の開口34aからは第二の有機絶縁膜32が露出しないのでアッシングによる第二の有機絶縁膜32への悪影響はない。次に、図5(a)に示すように、中間金属膜34の上とその開口34aの中にフォトレジスト膜36を塗布し、これを露光、現像することにより、配線用開口34aの中であって第一の配線29の一部に対向する窓36aをフォトレジスト膜36に形成する。その窓36aはコンタクトビアに相当する形状を有している。そして、図5(b)に示すように、フォトレジスト膜36の窓36aを通して第四のSiO₂膜33をエッチングし、これによりコンタクトビアに相当する形状の開口33aを形成する。

【0038】そのエッチングを終えた状態で、図6(a)に示すように、酸素とアルゴンを用いて異方性のプラズマエッチングによって、開口33aを通して第二の有機絶縁膜32をエッチングしてそこに開口32aを形成する。このエッチングの際にはフォトレジスト膜36の全体が並行してエッチングされ、除去される。したがって、フォトレジスト膜36を独立して除去する工程は不要になり、しかも、第二の有機絶縁膜32が不必要にエッチングされることはない。

【0039】次に、図6(b)に示すように、中間金属膜34をマスクに使用して、フッ素系ガスを使用するプラズマエッチングにより開口34aを通して第四のSiO₂膜33を配線形状にエッチングして開口33bを形成する。このエッチングの最中には第二の有機絶縁膜32はマスクとして使用され、第二の有機絶縁膜32の開口32aを通してその下の第三のSiO₂膜31もエッチングされ、これにより第三のSiO₂膜31には開口31aが形成される。

【0040】続いて、中間金属膜34の開口34aを通して第二の有機絶縁膜32を酸素プラズマによってエッチングすると、第二の有機絶縁膜32は配線形状にパターンニングされてそこには図6(c)に示す配線用開口32bが形成される。この第二の有機絶縁膜32の配線用開

口32bは第四のSiO₂膜33の配線用開口33bとともに第二の配線溝37として使用される。

【0041】次に、図7(a)に示すように、第二のSiO₂膜31をマスクに使用し、C₄F₈ガスとO₂ガスを用いるプラズマエッチングにより、開口31aの下の窒化シリコン膜30をエッチングすることによりそこに開口30aを形成する。窒化シリコン膜30の開口30aと第三のSiO₂膜31の開口31aは、コンタクトビアホール38として使用され、その下には第一の配線29の一部が露出することになる。

【0042】次に、図7(b)に示すように、第三の配線溝37とコンタクトビアホール38のそれぞれの内面と中間金属膜34の上面に沿って、スパッタリングによりTiN又はTa₂Nよりなる第二のバリア金属膜39を50nmの厚さに形成し、続いて、スパッタリングにより第二のCu膜40を100nmの厚さに成膜した。さらに、図8(a)に示すように、第二のCu膜40をシード層として使用し、その上に電解メッキ法により第三のCu膜41を1500nmの厚さで成膜した。第三のCu膜41を400℃、30分間、水素雰囲気中でアニール処理を行った。アニール処理は、第三のCu膜41内で粒子を成長させて配線の信頼性を高めるために行なわれる。

【0043】次に、図8(b)に示すように、CMP法により、第三のCu膜41から中間金属膜34までを順に研磨し、これにより、それらの導電膜を第二の配線溝37とコンタクトビアホール38内にのみ残す。そして、第二の配線溝37内の導電膜を第二の配線42として用い、また、コンタクトビアホール38内に残った導電膜をプラグ43として使用する。

【0044】これにより、本発明のデュアルダマシン法が終わり、さらにその上に別の配線を形成する工程に移る。ところで、上記したように、中間金属膜34に第二の配線に相当する形状の開口34aを形成した後は、その下方の第二の有機絶縁膜32は第四のSiO₂膜33に覆われているために、その開口34aから露出することはない。金属膜34のパターニングに使用したフォトリソグロフィーを酸素プラズマによりエッチングする際に第二の有機絶縁膜32がエッチングされることはない。これにより、第二の有機絶縁膜32を構成する材料としては、フッ素含有樹脂のみならず、炭化水素含有樹脂を使用することが可能になる。

【0045】さらに、コンタクトビアホールに相当する形状の開口33aが形成された第四のSiO₂膜33をマスクにして第二の有機絶縁膜32に開口32aを形成している。第二の有機絶縁膜32が不必要にエッチングされることはない。また、図6(a)に示したように、第一の配線29の上に下側無機膜31、有機絶縁膜32、上側無機膜33、金属膜34を順に形成し、金属膜34に配線形状相当の開口34aを形成し、さらに上側無機膜33にビアホール形状相当の開口33aを形成

し、このような状態から、ビアホール形状相当の開口33aの形状を有機絶縁膜32、下側無機膜31に順次転写して開口32a、31aを形成し、さらに配線形状相当の開口34aを上側無機膜33と有機絶縁膜32に順次転写して開口33b、32bを形成するようにしている。

【0046】このため、膜の種類に最適なエッチングを行なうことができるので、各膜に形成され開口の形状を精度良く形成することが可能になる。さらに、図5(b)に示す工程のビアパターンを形成するための初期のフォトリソグロフィーの際に、フォトリソ膜36を露光、現像したときのパターンの位置ズレが大きくなってしまったとき、このフォトリソ膜36を酸素プラズマによって除去し、新たに工程のやり直しが行える。これは、フォトリソ膜36の下には酸化シリコン膜33が存在してその下の有機絶縁膜32が損傷を受けることがないからである。したがって、フォトリソグロフィーの位置ズレ精度に依存することなく、ビア径を寸法通りに加工することが可能になる。

【0047】なお、上記したSiO₂膜の代わりに、Si₃N₄膜、SiON膜、SiC膜などのシリコン含有絶縁膜を使用してもよい。これは以下に述べる実施形態でも同様である。

(第2の実施の形態) 第1の実施の形態では、第四のSiO₂膜33の上に中間金属膜34を形成し、さらに、中間金属膜34に第二の配線用の開口34aを形成している。

【0048】本実施形態では、中間金属膜34を用いずに配線溝37とコンタクトビアホールを形成する方法について説明する。まず、図9(a)は、図4(b)に示す積層構造のうち中間金属膜34を形成しない状態を示している。そして、その状態で第四のSiO₂膜33の上にフォトリソ膜44を塗布し、これを露光、現像することによりコンタクトビアホールを形成するための窓44aをフォトリソ膜44に形成する。その窓44aは、第一の配線29の一部の上方に位置される。

【0049】次に、図9(b)に示すように、フォトリソ膜44の窓44aを通して第四のSiO₂膜33をエッチングして開口33cを形成する。続いて、図10(a)に示すように、フォトリソ膜44の窓44aと第四のSiO₂膜33の開口33cを通して第二の有機絶縁膜32をエッチングし、これにより第二の有機絶縁膜32に開口32cを形成する。この場合、第二の有機絶縁膜32のエッチングは、酸素を用いる異方性のプラズマエッチング法を用い、これによりフォトリソ膜44は同時にエッチングされ、除去される。

【0050】その後、図10(b)に示すように、第四のSiO₂膜33の上にフォトリソ膜45を形成し、これを露光、現像して第二の配線用のパターンを有する窓45aを形成する。なお、このフォトリソ膜45を現像

する現像液によっては第二の有機絶縁膜32の開口32cは殆ど拡張しない。次に、図11(a)に示すように、フォトレジスト45の窓45aを通して第四のSiO₂膜33をエッチングすると、第四のSiO₂膜33には配線用開口33dが形成される。その第四のSiO₂膜33をエッチングする際には、第二の有機絶縁膜32の開口32cを通して第三のSiO₂膜31もエッチングされ、これにより第三のSiO₂膜31にはコンタクトヴィアホール38となる開口31cが形成される。

【0051】その後、図11(b)に示すような工程に移る。まず、第四のSiO₂膜33の配線用開口33dを通して第二の有機絶縁膜32をエッチングすると、開口32cを吸収する位置に配線用開口32dが形成される。この場合、第二の有機絶縁膜32のエッチングとして酸素含有ガスを有する異方性のプラズマエッチング法を用い、これによりフォトレジスト45が同時にエッチングされ、除去される。なお、第四のSiO₂膜33の配線用開口33dと第二の有機絶縁膜32の配線用開口32dとによって配線溝37が構成される。

【0052】続いて、第三のSiO₂膜31の開口31cを通して窒化シリコン膜30をエッチングすることによりコンタクトヴィアホール38となる開口30cが形成される。これによって、コンタクトヴィアホール38からは第一の配線29の一部が露出する。その後、第1の実施形態と同様な工程を経て、図11(c)に示すように、コンタクトヴィアホール38内に銅よりなるヴィア43を埋め込み、配線溝37内に第二の配線42を埋め込む。

【0053】第2実施形態は、第1実施形態とは異なり、第四のSiO₂膜33にコンタクトヴィアに相当する開口を形成するためのマスクとして、金属膜ではなくフォトレジストを用いている。このために、第1実施形態に用いた中間金属膜34の形成工程とそのパターニングの工程は不要になり、工数が第1実施形態よりも少なくて形成プロセスが容易である。しかし、図10(b)で行なうフォトレジスト45の露光の際に起こる位置ズレが開口30c、31cの径に影響し、位置ズレした分だけ開口の径が小さくなるので、本実施形態の工程はフォトリソグラフィーの位置ズレ精度にそれほど依存しない上層部の配線用開口の形成に有効である。

【0054】この実施形態では、図1に示す従来技術とは異なり、第四のSiO₂膜33にコンタクトヴィアホール形成用の開口33cを形成した後に、第二の配線を形成するための開口33dを形成し、しかも、第四のSiO₂膜33上に塗布された2つのフォトレジスト44、45をそれぞれ除去する際に第二の有機絶縁膜32の開口部32c、32dを形成している。このため、第四のSiO₂膜33上に形成されるフォトレジストを酸素プラズマにより除去する際に、第二の有機絶縁膜32に悪影響を及ぼすことはない。

【0055】ところで、上述した第1の実施形態と第2の実施形態により形成されたコンタクトヴィアの直径と歩留りの関係を実験により調査したところ、図12に示す結果が得られた。図12は、第1及び第2の実施形態を用いて作成した2層配線において1層目と2層目の配線を結ぶヴィアプラグの接触抵抗を測定し、理論値から10%以上大きいものを不良とし、その歩留まりをまとめたものである。同図の横軸をヴィアコンタクト径とした。この結果が示す様に、いずれのヴィア径においても97%以上の高い歩留まりを得ることができた。

【0056】次に、上述した第1の実施形態と第2の実施形態によりそれぞれ形成された配線同士の横方向の間隔と配線の横方向の容量比を実験により調査したところ図13に示すような結果が得られた。図13は、第1及び第2の実施形態によって作成した2層配線において、同層の配線間容量の測定を行い、従来のSiO₂膜だけを用いた場合と比較したときの配線容量比を示している。同図の横軸を配線間距離とした。この結果が示すように、配線容量比を60%から65%まで低下させることができた。この比率は、SiO₂の誘電率4.3と有機絶縁膜の誘電率2.8の比率とほぼ同じであり、配線形成が上手く行われたことを示している。

(第3の実施形態) 第1又は第2の実施形態において、窒化シリコン膜30と第三のSiO₂膜31の間に別の有機絶縁膜を形成してもよい。

【0057】これによれば、窒化シリコン30に開口を形成する前に、図14に示すように、第二の有機絶縁膜32に配線溝となる開口32b、32dを形成すると同時に、第三のSiO₂膜31の開口31a、31cを通してその別の有機絶縁膜50にコンタクトヴィアホールとなる開口50aが形成されることになる。開口50aを形成した後に、開口50aを通して窒化シリコン膜30をエッチングして第一の配線の一部を露出し、その後、第1及び第2の実施形態と同様にヴィアホール内と配線溝内に導電膜を埋め込んでヴィアと第二の配線を形成することになる。

【0058】なお、図14において、図6(c)、図11(a)と同じ符号は同じ要素を示している。

(第4の実施形態) 第1、第2実施形態では、第2の銅配線とヴィア(プラグ)が埋め込まれる絶縁層は有機絶縁膜のみならずシリコン酸化膜を有している。そこで、本実施形態では、有機絶縁膜に第2の銅配線とヴィア(プラグ)を埋込む多層配線構造の形成方法について説明する。

【0059】まず、図15(a)に示すように、シリコン基板51の上に第一の酸化シリコン(SiO₂)膜52と第一の窒化シリコン(Si₃N₄)膜53をプラズマCVD法によりそれぞれ500nm、50nmの厚さに順に形成する。なお、本実施形態では、酸化シリコンの成長のため

50 のソースガスとして、シラン(SiH₄)と一酸化窒素(N₂O)

0)を使用し、窒化シリコン膜の成長のためのソースガスとしてシランとアンモニア(NH₃)を使用する。また、酸化シリコンのエッチングは、第1実施形態と同様に、CF₄ガス、又は、CH₂F₂とArの混合ガスを用いるプラズマエッチング法によってなされる。また、窒化シリコンのエッチングは、CHF₃とArの混合ガスを使用してプラズマエッチング法によってなされる。

【0060】さらに、第一の窒化シリコン膜53の上に低誘電率の第一の有機絶縁膜54を形成する。その第一の有機絶縁膜54として、例えば芳香族を含む炭化水素系の低誘電率有機絶縁材料を第一の窒化シリコン膜53の上に300nmの厚さにスピコートし、これを窒素(N₂)雰囲気中で温度400℃、30分間の条件で熱アニールを行って硬化させたものがある。芳香族を含む炭化水素系の低誘電率有機絶縁材料として、例えばダウケミカル社製の商品名「SiLK」があり、その誘電率は約2.7である。

【0061】続いて、第一の有機絶縁膜54の上に第二のSiO₂膜55をプラズマCVD法により100nmの厚さに形成する。次に、図15(b)に示すように、第二のSiO₂膜55の上にフォトレジスト56を塗布し、これを露光、現像することにより配線パターンを持つ窓56aを形成する。なお、フォトレジストの材料としては、本実施形態では、例えばポリビニルフェノール系を用いることにする。

【0062】その後、図15(c)に示すように、フォトレジスト56をマスクに使用して窓56aから露出した第二のSiO₂膜55の一部を異方性のプラズマエッチング法により除去して開口55aを形成し、続いて、図16(a)に示すように、開口55aを通して第一の有機絶縁膜54の一部をプラズマエッチング法により除去することにより開口54aを形成する。この場合、第一の有機絶縁膜54のエッチングガスとして窒素(N₂)と水素(H₂)を用いる。そのエッチングガスによれば第一の有機絶縁膜54のエッチングと同時にフォトレジスト56もエッチングされて除去される。

【0063】第二のSiO₂膜55の開口55aと第一の有機絶縁膜54の開口54aによって第一の配線溝57が構成される。次に、図16(b)に示すように、第一の配線溝57の内面と第二のSiO₂膜55の上面の上に、高融点金属として窒化タンタル(TaN)よりなる第一のバリアメタル膜58をスパッタリングにより20nmの厚さで形成し、続いて、第一のバリアメタル膜58上に第一の銅(Cu)膜59をスパッタリングにより800nmの厚さで成膜した。

【0064】そのCu膜59の上面には凹凸が生じるので、窒素と酸素の混合ガスの雰囲気中においてCu膜59を400℃、15分間の条件でアニールしてその上面を平坦化する。このアニール処理後には、第一の配線溝57内にはCu膜59が完全に埋め込まれた状態となる。続

いて、図16(c)に示すように、化学機械的研磨法(CMP法)を用いてCu膜59と第一のバリアメタル膜58を研磨し、第一の配線溝57内だけにCu膜59及び第一のバリアメタル膜58を残し、これらを第一の配線60として使用する。

【0065】次に、図17(a)に示すように、第一の配線60と第二のSiO₂膜55の上に以下に述べるような複数の絶縁膜、金属膜などを形成する。まず、プラズマCVD法により膜厚50nmの第二の窒化シリコン(Si₃N₄)膜61を第一の配線60と第二のSiO₂膜55の上に形成する。続いて、厚さ約1000nmの第二の有機絶縁膜62を第二のSi₃N₄膜61の上に形成する。その第二の有機絶縁膜62は、「SiLK」のような絶縁材料を使用して第一の有機絶縁膜54と同じ方法で形成される。

【0066】さらに、第二の有機絶縁膜62の上に第三のSiO₂膜63をプラズマCVD法により100nmの厚さに形成する。次に、図17(b)に示すように、第三のSiO₂膜63の上にフォトレジスト64を塗布し、これを露光、現像してヴィアホール形状の窓64aを形成する。そして、図18(a)に示すように、フォトレジスト64の窓64aを通して第三のSiO₂膜63の一部をプラズマエッチング法により除去してその第三のSiO₂膜63に開口63aを形成する。続いて、その開口63aを通して第二の有機絶縁膜62をエッチングすることにより第二の有機絶縁膜62に開口62aを形成する。第三のSiO₂膜63の開口63aと第二の有機絶縁膜62の開口62aは、コンタクトホール(ヴィアホール)65として使用される。

【0067】第二の有機絶縁膜62のエッチングの際に、エッチングガスとして窒素と水素の混合ガスを用いて異方性のプラズマエッチング法を使用すると、フォトレジスト64も同時にエッチングされるので、フォトレジスト64を別工程で除去する必要がなく、フォトレジストが除去された後は、第三のSiO₂膜63がマスクとなって第二の有機絶縁膜62がエッチングされる。即ち、SiO₂膜、Si₃N₄膜は、そのようなエッチングガスによるエッチング速度が極めて小さく、第二の有機絶縁膜62は高選択比でエッチングされる。

【0068】なお、第二の有機絶縁膜62のエッチング後に、フォトレジスト64が残る場合には、ヒドロキシルアミン系の溶剤を用いて除去してもよい。そのヒドロキシルアミン系溶剤は「SiLK」よりなる第二の有機絶縁膜62をエッチングすることはない。次に、図18(b)に示すように、フォトレジスト66を第三のSiO₂膜63の上に塗布し、これを露光、現像して配線パターンを有する窓66aを形成する。このフォトレジスト66は、種類によっては、現像後にコンタクトホール65の底に溜まってしまい、除去が困難なことがしばしばある。コンタクトホール65内のフォトレジスト66をフォトレジスト用の溶媒で除去しようとする、第三のSiO₂膜6

3上のフォトレジスト66も同時にエッチングされて窓66aが変形してしまうので、これ以降の工程で除去することにする。

【0069】続いて、図19(a)に示すように、フォトレジスト66をマスクに使用して第三のSiO₂膜63をエッチングし、さらに、第二の有機絶縁膜62を配線の厚さに相当する深さまでプラズマ雰囲気中でエッチングする。これにより、第三のSiO₂膜63と第二の有機絶縁膜62の上部に第二の配線溝67が形成される。第二の有機絶縁膜62のエッチングガスとして、上記したように水素と窒素を使用すると、フォトレジスト66も同時にエッチングされる。

【0070】第二の配線溝67を形成した後であって、コンタクトホール65の底部にフォトレジスト66が残っている場合、又は第三のSiO₂膜63の上にフォトレジスト66が残っている場合には、図19(b)に示すように、ヒドロキシルアミン系の良溶媒によってそのフォトレジスト66を除去する。コンタクトホール65の底部に溜まったフォトレジスト66は、第二の有機絶縁膜62のエッチングの際にプラズマに曝されており、その表面が改質されているので、フォトレジスト用の良溶媒では除去が難しく、ヒドロキシルアミン系が有効である。

【0071】次に、図20(a)に示すように、コンタクトホール65の直下にある第二のSi₃N₄膜をC₄F₈とO₂を用いるプラズマエッチング法により除去し、これにより第1の配線60の一部を露出させる。続いて、図20(b)に示すように、第二の配線溝67とその下のコンタクトホール65の内面と第三のSiO₂膜63の上面に沿って、バリアメタルとしてスパッタリングによりTa₂N膜68を20nmの厚さに形成し、続いてスパッタリングにより銅シード膜69をTa₂N膜68の上に150nmの厚さに形成する。

【0072】続いて、図21(a)に示すように、電解メッキ法により銅シード層69の上に厚さ800nmの銅膜70を形成する。そして、図21(b)に示すように、第三のSiO₂膜63の上に存在する銅膜70、銅シード膜69及びTa₂N膜68はCMP法によって研磨されて除去される。この研磨後にコンタクトホール65内に残ったそれらの金属膜はプラグ(ビア)71として使用され、さらにその上の第二の配線溝67内に残ったそれらの金属膜は、第二の配線72として適用される。

【0073】以上のように、本実施形態では、第二の配線72とプラグ71の周囲に誘電率の高い材料、例えば無機材料であるSiO₂やSi₃N₄を配置する必要のないプロセスを用いているので、他のデュアルゲマシ法に比べて効果的に配線容量を低下させることが可能になる。また、レジストを除去する工程を独立に確保する必要もなく、プラグ及び第二の配線が埋め込まれる絶縁膜の層数も従来よりも少なくなっているため工程数も少なくなる。

【0074】なお、本実施形態では、低誘電率の有機絶縁膜54、62として「SiLK」を用いたが、他の有機絶縁膜、例えばダウケミカル社の商品名「BCB」、アライドシグナル社の商品名「FLARE」、シューマッカー社の商品名「VELOX」を用いてもよい。ところで、上記した実施形態は以下の発明に基づくものである。

(1) 半導体基板上に第一の絶縁膜、第一の有機絶縁膜、第二の絶縁膜、金属膜を順に形成する工程と、前記金属膜を部分的にエッチングして配線パターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、前記第二の絶縁膜のうち前記第一の開口の一部に重なる部分をエッチングしてビアパターン形状をもつ第二の開口を形成する工程と、前記第二の絶縁膜をマスクに使用して、前記第二の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして前記ビアパターン形状をもつ第三の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成する工程と、前記金属膜の前記第一の開口を通して前記第二の絶縁膜をエッチングすることにより、前記配線パターン形状を有する第四の開口を前記第二の絶縁膜に形成すると同時に、前記第一の有機絶縁膜の前記第三の開口を通して前記第一の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状を持つ第五の開口を前記第二の絶縁膜に形成して、該第五の開口をビアホールとして適用する工程と、前記第二の絶縁膜の前記第四の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして前記配線パターン形状をもつ第六の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成し、該第六の開口と前記第四の開口を配線溝として適用する工程と、前記ビアホールと前記配線溝に同時に導電体を埋め込むことにより、前記ビアホール内にビアを形成するとともに前記配線溝内に配線を形成する工程と、前記金属膜を除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

(2) 前記第一の絶縁膜の下に第三の絶縁膜を形成する工程と、前記第六の開口を通して前記第三の絶縁膜をエッチングすることにより第七の開口を形成して前記ビアホールの一部とする工程とをさらに有することを特徴とする(1)に記載の半導体装置の製造方法。

(3) 前記第一の絶縁膜と前記第三の絶縁膜の間に第二の有機絶縁膜を形成する工程をさらに有し、前記第二の有機絶縁膜には、前記第一の有機絶縁膜に前記第六の開口を形成すると同時に、前記第一の絶縁膜の前記第五の開口を通してエッチングされて第八の開口が形成されて、前記第八の開口は前記第五の開口と前記第七の開口とともに前記ビアホールとして適用する工程を有することを特徴とする(2)に記載の半導体装置の製造方法。

(4) 前記導電膜は前記第二の絶縁膜の上にも形成され、前記第二の絶縁膜の上の前記導電膜は、前記金属膜よりも前に除去されることを特徴とする(1)に記載の半導体装置の製造方法。

(5) 前記第一の絶縁膜及び前記第二の絶縁膜は、無機絶縁材料から構成されていることを特徴とする(1)に記載の半導体装置の製造方法。

(6) 前記金属膜は、高融点金属又は高融点金属化合物から構成されることを特徴とする(1)に記載の半導体装置の製造方法。

(7) 前記導電膜は、バリア金属膜と銅膜の二層構造から構成されていることを特徴とする(1)に記載の半導体装置の製造方法。

(8) 前記金属膜に第一の開口を形成する際にレジストマスクを使用し、該レジストマスクは前記第二の開口を形成する前に除去されることを特徴とする(1)に記載の半導体装置の製造方法。

(9) 前記第二の絶縁膜に第二の開口を形成する際にレジストマスクを使用し、前記第三の開口を形成するために前記第一の有機絶縁膜の一部をエッチングする際に前記レジストマスクは同時にエッチングされることを特徴とする(1)に記載の半導体装置の製造方法。

(10) 半導体基板上に、第一の絶縁膜、第一の有機絶縁膜及び第二の絶縁膜を順に形成する工程と、前記第二の絶縁膜を部分的にエッチングしてビアパターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、前記第二の絶縁膜の前記第一の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして、前記ビアパターン形状をもつ第二の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成する工程と、前記第二の絶縁膜のうち前記第一の開口を含む領域をエッチングして配線パターン形状をもつ第三の開口を形成するとともに、前記第一の有機絶縁膜の前記第二の開口を通してその下の前記第一の絶縁膜をエッチングして、第四の開口を前記第一の絶縁膜に形成し、該第四の開口をビアホールとして適用する工程と、前記第二の絶縁膜の前記第三の開口を通して前記第一の有機絶縁膜をエッチングして第五の開口を前記第一の有機絶縁膜に形成し、該第五の開口と前記第三の開口を配線溝として適用する工程と、前記ビアホールと前記配線溝に同時に導電体を埋め込むことにより、前記ビアホール内にはビアを形成するとともに前記配線溝内には配線を形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

(11) 前記第一の絶縁膜の下に第三の絶縁膜を形成する工程と、前記第四の開口を通して前記第三の絶縁膜をエッチングすることにより第六の開口を形成して前記ビアホールの一部とする工程とをさらに有することを特徴とする(10)に記載の半導体装置の製造方法。

(12) 前記第一の絶縁膜と前記第三の絶縁膜の間に第二の有機絶縁膜を形成する工程をさらに有し、前記第二の有機絶縁膜には、前記第一の有機絶縁膜に前記第五の開口を形成すると同時に、前記第一の絶縁膜の前記第四の開口を通してエッチングされて第七の開口が形成されて、前記第七の開口は前記第四の開口と前記第六の開口とともに前記ビアホールとして適用する工程を有する

ことを特徴とする(11)に記載の半導体装置の製造方法。

(13) 前記導電膜は前記第二の絶縁膜の上にも形成され、前記第二の絶縁膜の上の前記導電膜は研磨法により除去されることを特徴とする(10)に記載の半導体装置の製造方法。

(14) 前記第一の絶縁膜及び前記第二の絶縁膜は、無機絶縁材料から構成されていることを特徴とする(10)に記載の半導体装置の製造方法。

(15) 前記導電膜は、バリア金属膜と銅膜の二層構造から構成されていることを特徴とする(10)に記載の半導体装置の製造方法。

(16) 前記第二の絶縁膜の前記第一の開口は、レジストをマスクに使用して前記第二の絶縁膜をエッチングすることにより形成され、前記レジストは、前記第二の開口を形成するために前記第一の有機絶縁膜をエッチングすることと並行して除去されることを特徴とする(10)に記載の半導体装置の製造方法。

(17) 半導体基板上に第一の絶縁膜と第二の絶縁膜を順に形成する工程と、ビアパターン形状をもつ第一の窓を有する第一のフォトレジストを前記第二の絶縁膜上に形成する工程と、前記第一のフォトレジストをマスクに使用して前記第二の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状をもつ第一の開口を形成する工程と、前記第一の開口を通して前記第一の絶縁膜をエッチングすることにより前記ビアパターン形状をもつ第二の開口を形成する工程と、配線パターンをもつ第二のフォトレジストを前記第二の絶縁膜の上に形成する工程と、前記第二のフォトレジストをマスクに使用して前記第二の絶縁膜をエッチングして前記配線パターンをもつ第三の開口を形成する工程と、前記第三の開口を通して前記第一の絶縁膜の上部をエッチングすることにより、前記配線パターンをもつ第四の開口を形成する工程と、前記第二の開口と前記第三の開口と前記第四の開口内に導電膜を埋め込んで、前記第三及び第四の開口の中に配線を形成するとともに、前記第二の開口内にビアを形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

(18) 前記第二の開口を形成した後に、前記第一のフォトレジストは、ヒドロキシルアミン系の剥離液を用いて除去されることを特徴とする(17)に記載の半導体装置の製造方法。

(19) 前記第四の開口を形成した後に、前記第二のフォトレジストは、ヒドロキシルアミン系の剥離液を用いて除去されることを特徴とする(17)に記載の半導体装置の製造方法。

(20) 前記第一の絶縁膜は炭化水素系絶縁材から構成され、前記第二の絶縁膜はシリコン含有絶縁材料から構成されていることを特徴とする(17)に記載の半導体装置の製造方法。

(21) 前記炭化水素系絶縁材は、芳香族を含むことを特徴とする(20)に記載の半導体装置の製造方法。

(22) 前記シリコン含有絶縁材料は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン又は炭化シリコンであることを特徴とする(20)に記載の半導体装置の製造方法。

(23) 前記第一の絶縁膜をエッチングして前記第二の開口を形成すると同時に、前記第一のフォトレジストはエッチングされることを特徴とする(20)に記載の半導体装置の製造方法。

(24) 前記第一の絶縁膜をエッチングして前記第四の開口を形成すると同時に、前記第二のフォトレジストはエッチングされることを特徴とする(20)に記載の半導体装置の製造方法。

【0075】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、層間絶縁膜に無機材料と低誘電有機材料を用い、且つ配線に銅を用いたデュアルダマシン法による多層配線形成工程において、最上の無機絶縁膜にビアホール形状の開口を形成した後に最上の無機絶縁膜をマスクに使用してその下の有機絶縁膜にビアホール形状の開口を形成し、ついで、最上の無機絶縁膜に配線形状の開口を形成した後に最上の無機絶縁膜をマスクに使用してその下の有機絶縁膜に配線形状の開口を形成したので、最上の無機絶縁膜の開口を形成する際に使用したフォトレジストは次の有機絶縁膜の開口を形成する際に同時に除去することができ、フォトレジストを除去する際に有機絶縁膜の開口に悪影響を及ぼすことを防止できる。

【0076】また、本発明によれば、最上の無機絶縁膜に形成した配線用の開口と有機絶縁膜に形成したビアホールの形状をそれらの下にある絶縁膜に順次転写するようにしたので、層間絶縁膜を構成する無機絶縁膜と有機絶縁膜を各々最適な条件でエッチングすることができる。したがって、本発明を用いることにより、効果的な配線間容量の低減と良好なビアコンタクト抵抗が得られ、半導体装置の性能と信頼性の向上が図れる。

【0077】さらに本発明によれば、デュアルダマシン法によりビアと配線を有機絶縁膜内に形成しているので、酸化シリコンや窒化シリコンを用いる多層配線構造に比べて効果的に配線容量を低下させることが可能になるし、また、絶縁膜にビアホールや配線溝を形成するためのエッチングガスの交換回数が少なくなつて安価な多層配線形成が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)～図1(d)は、第1の従来のデュアルダマシン法により多層配線構造を形成する工程を示す断面図である。

【図2】図2(a)～図2(c)は、第2の従来のデュアルダマシン法により多層配線構造を形成する工程を示す断面図である。

【図3】図3(a)～図3(d)は、本発明の第1の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その1)である。

【図4】図4(a)～図4(c)は、本発明の第1の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その2)である。

【図5】図5(a),(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その3)である。

10 【図6】図6(a)～(c)は、本発明の第1の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その4)である。

【図7】図7(a),(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その5)である。

【図8】図8(a),(b)は、本発明の第1の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その6)である。

20 【図9】図9(a),(b)は、本発明の第2の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その1)である。

【図10】図10(a),(b)は、本発明の第2の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その2)である。

【図11】図11(a)～(c)は、本発明の第2の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その3)である。

30 【図12】図12は、第1の実施の形態と第2の実施の形態により形成されたコンタクトビアの直径と歩留りの関係を示す図である。

【図13】図13は、第1の実施の形態と第2の実施の形態により形成された配線の間隔と容量を従来との関係と比較した図である。

【図14】図14は、本発明の第3の実施の形態に係るデュアルダマシン法における有機絶縁膜への開口を形成する工程を示す断面図である。

【図15】図15(a)～(c)は、本発明の第4の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その1)である。

40 【図16】図16(a)～(c)は、本発明の第4の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その2)である。

【図17】図17(a),(b)は、本発明の第4の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その3)である。

【図18】図18(a),(b)は、本発明の第4の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その4)である。

50 【図19】図19(a),(b)は、本発明の第4の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成

25

する工程を示す断面図(その5)である。

【図20】図20(a),(b)は、本発明の第4の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その6)である。

【図21】図21(a),(b)は、本発明の第4の実施の形態に係るデュアルダマシン法による多層配線構造を形成する工程を示す断面図(その7)である。

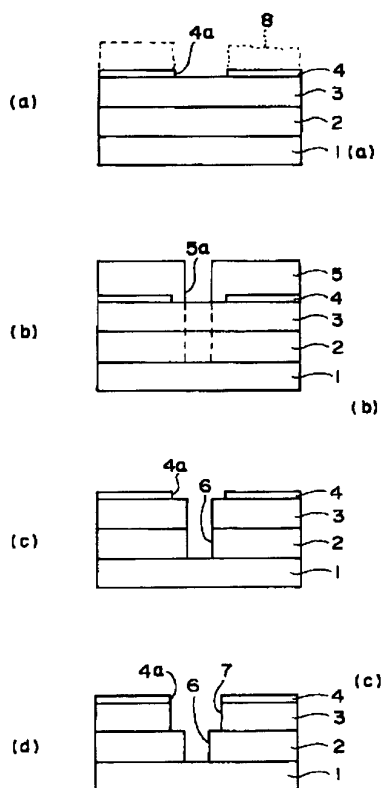
【符号の説明】

21…シリコン(半導体)基板、22…第一のSiO₂膜、23…第一の有機絶縁膜、24…第二のSiO₂膜、25…10 フォトレジスト膜、26…第一の配線溝、27…第一のバリアメタル膜、28…Cu膜、29…第一の配線、30

…窒化シリコン、31…第三のSiO₂膜、32…第二の有機絶縁膜、33…第四のSiO₂膜、34…中間金属膜、35…フォトレジスト、36…フォトレジスト、37…第二の配線溝、38…コンタクトビアホール、39…TiN膜、40…銅膜、41…銅膜、42…第二の配線、43…ビア、44…フォトレジスト、45…フォトレジスト、50…有機絶縁膜、51…シリコン(半導体)基板、61…窒化シリコン膜、62…有機絶縁膜、63…酸化シリコン膜、64…フォトレジスト、65…コンタクト(ビア)ホール、66…フォトレジスト、67…配線溝、68…Ta₂N膜、69…銅シード膜、70…銅膜、71…プラグ(ビア)、72…第二の配線。

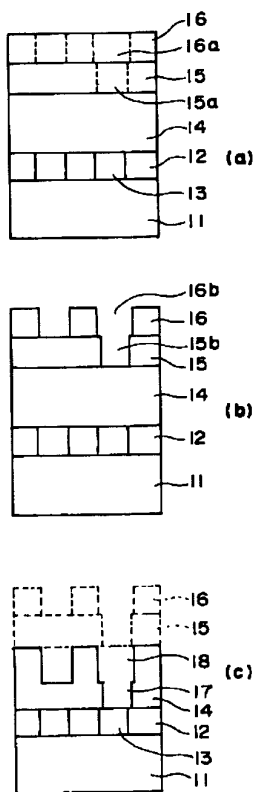
【図1】

(第1の従来技術)



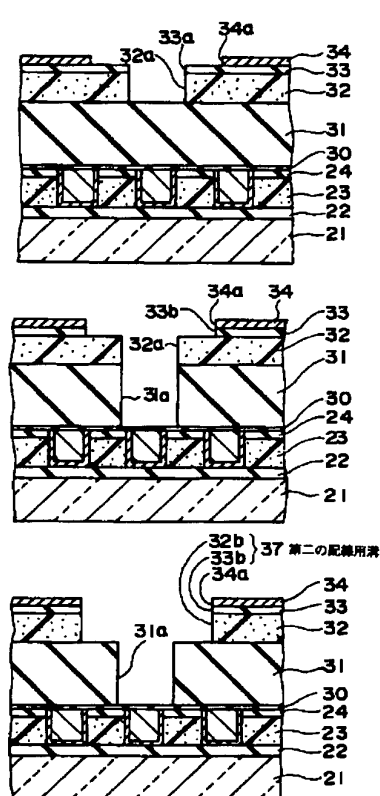
【図2】

(第2の従来技術)



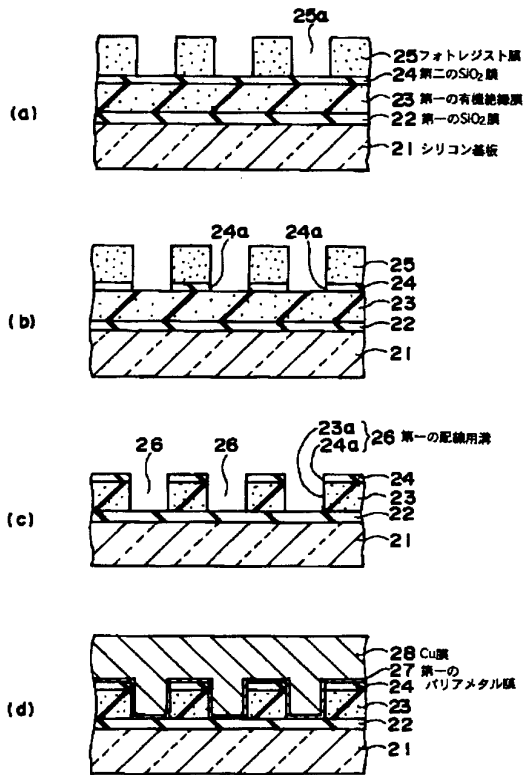
【図6】

第1実施形態(その4)



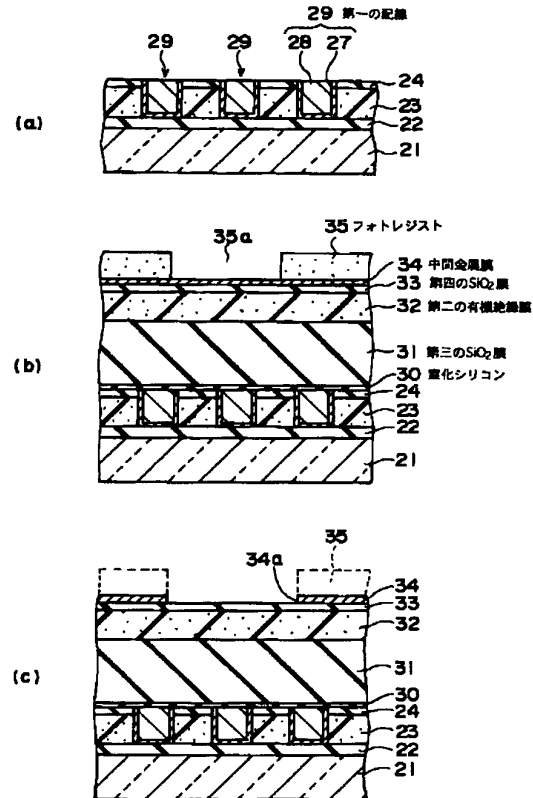
【図3】

第1実施形態 (その1)



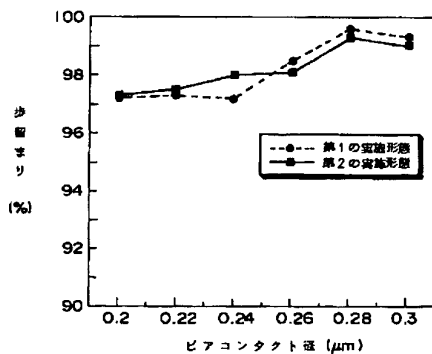
【図4】

第1実施形態 (その2)



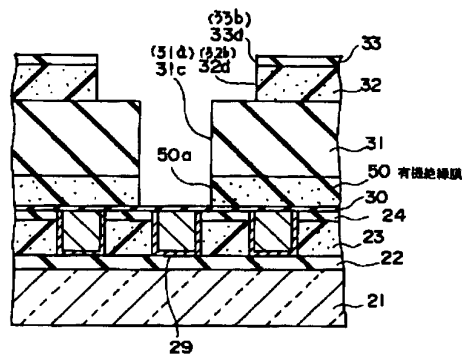
【図12】

本発明の第1の実施形態と第2の実施形態により形成されたコンタクトビアの直径と歩留りの関係を示す図



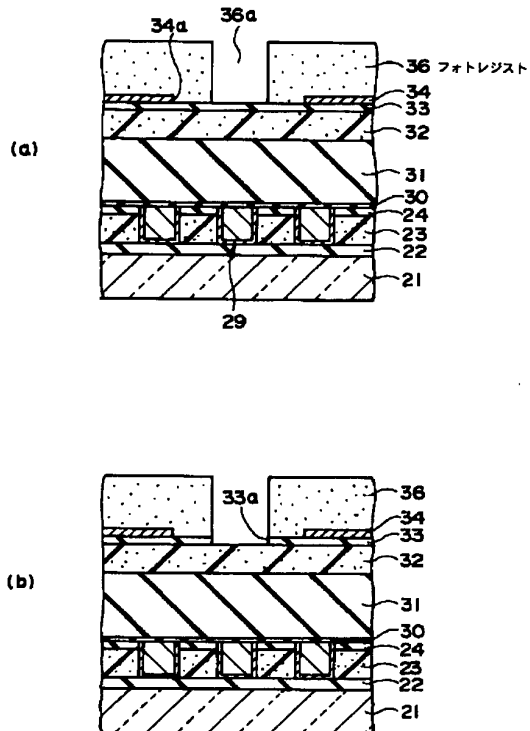
【図14】

第3実施形態



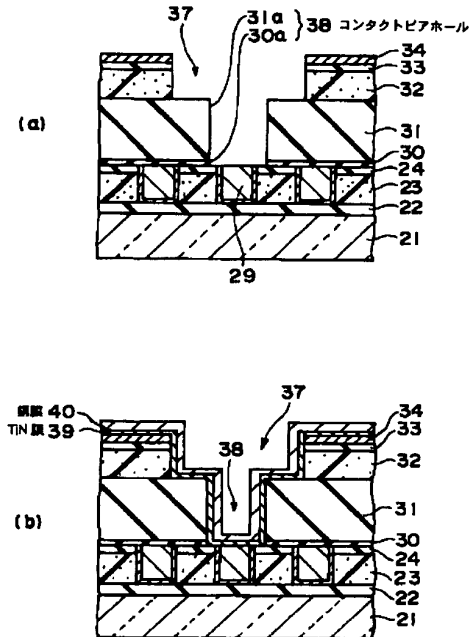
【図5】

第1実施形態 (その3)



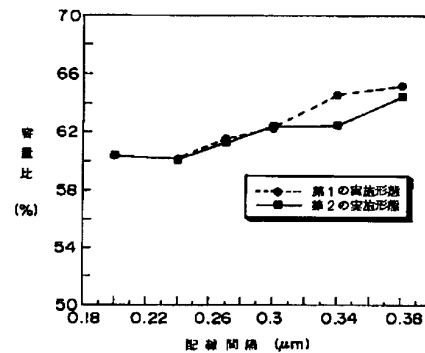
【図7】

第1実施形態 (その5)



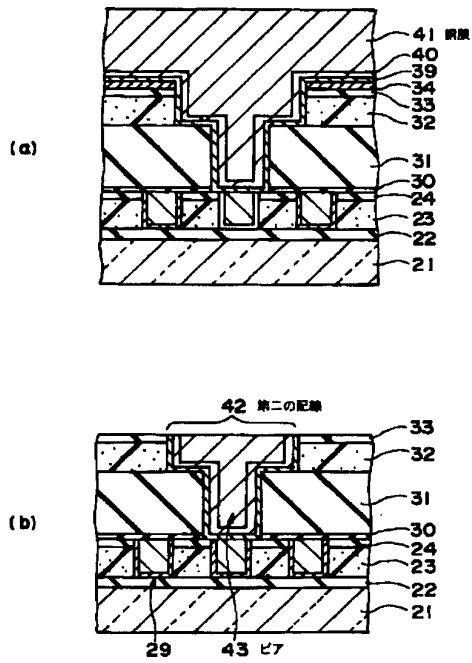
【図13】

本発明の第1の実施の形態と第2の実施の形態により形成された配線の間隔と容量を従来との関係と比較した図



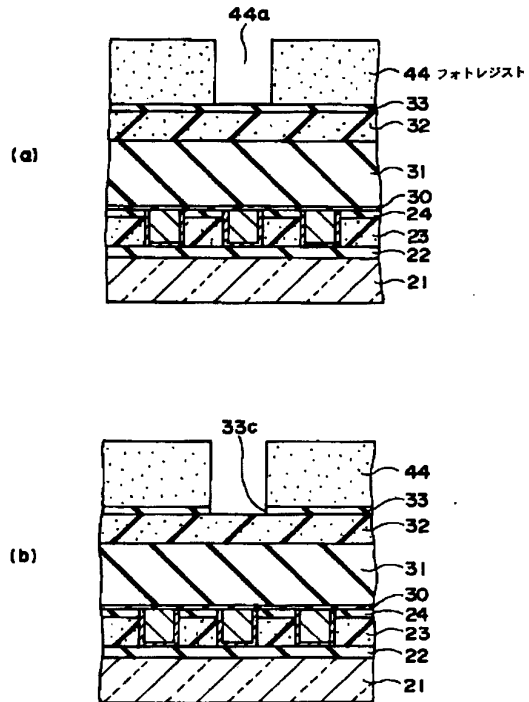
【図8】

第1実施形態 (その6)



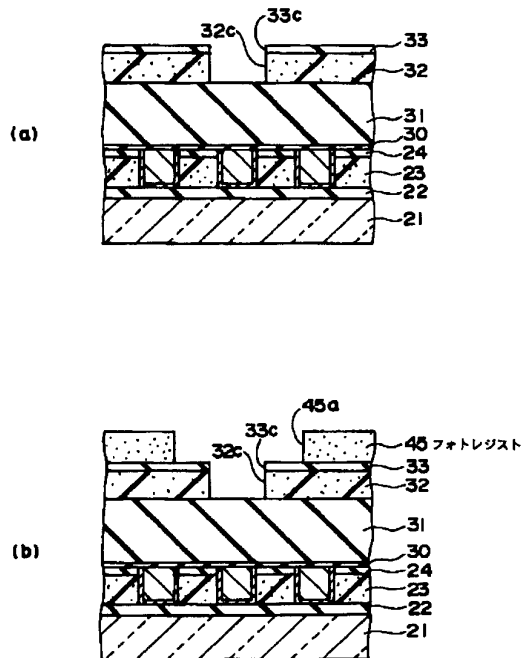
【図9】

第2実施形態 (その1)



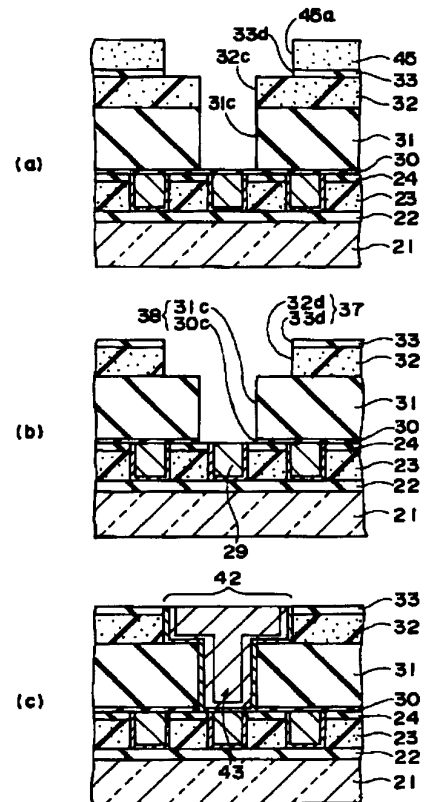
【図10】

第2実施形態(その2)



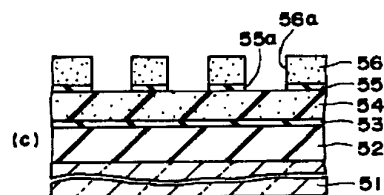
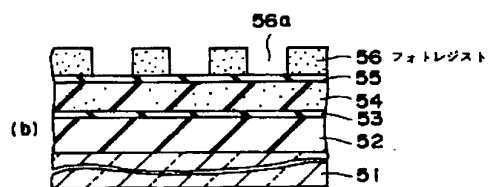
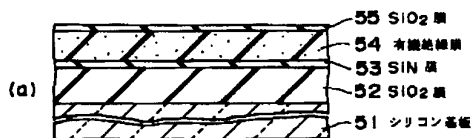
【図11】

第2実施形態(その3)



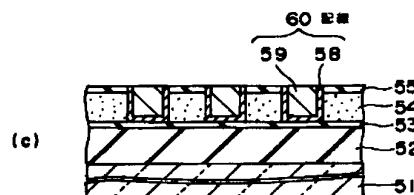
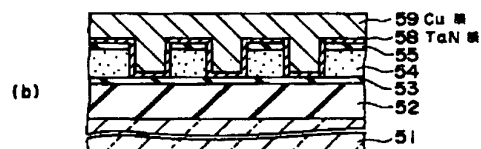
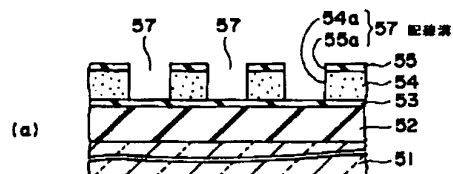
【図15】

第4実施形態（その1）



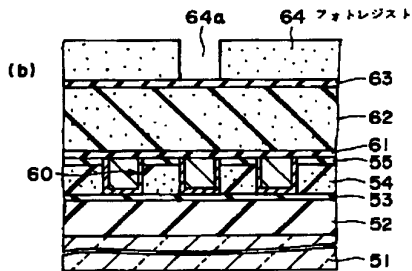
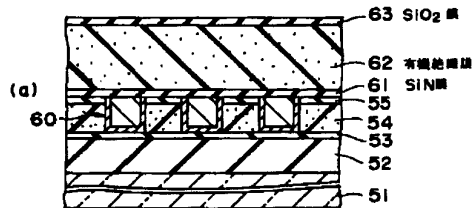
【図16】

第4実施形態（その2）



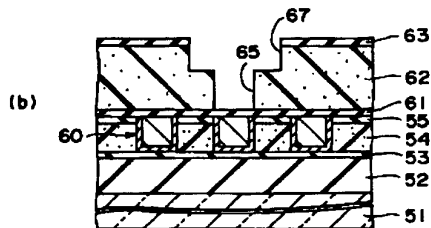
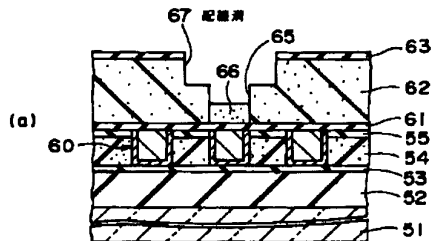
【図17】

第4実施形態（その3）



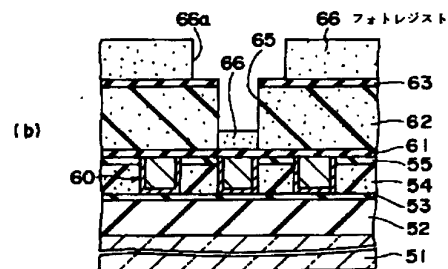
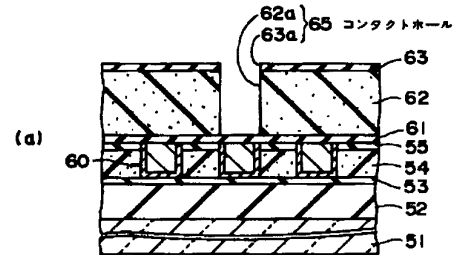
【図19】

第4実施形態（その5）



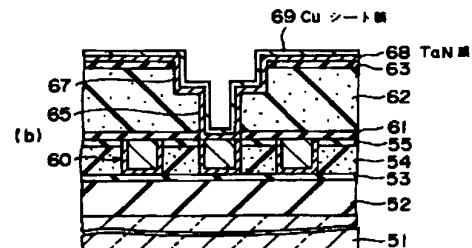
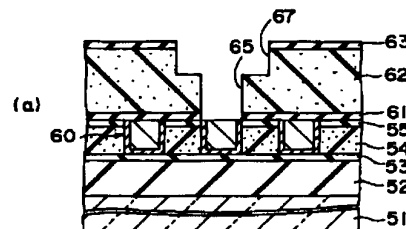
【図18】

第4実施形態（その4）



【図20】

第4実施形態（その6）



【図21】

第4実施形態(その1)

